

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-030062

(43)Date of publication of application : 28.01.2000

(51)Int.Cl.

G06T 7/00

(21)Application number : 10-195798

(71)Applicant : GLORY LTD

(22)Date of filing : 10.07.1998

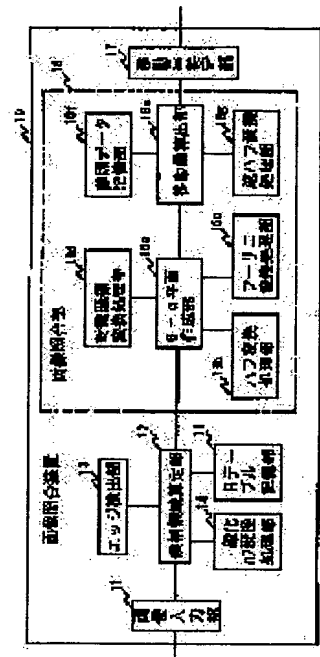
(72)Inventor : ONISHI HIROYUKI

(54) METHOD AND DEVICE FOR COLLATING IMAGE, AND RECORDING MEDIUM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To find the magnification, rotation angle and the amount of parallel movement of a part corresponding to a reference image promptly and with high accuracy while reducing the memory capacity when the reference image is collated with an inputted image in a part of which an image formed by rotating and/or magnifying and reducing the image corresponding to the reference image is included.

SOLUTION: An R table is prepared by finding a vector from each edge point of an edge image which is prepared from a template image to a specified reference point, is stored in an R table storage part 15 by a generalization Hough transformation processing part 14, each edge point of the edge image which is detected from the inputted image is made to correspond to the R table, is successively voted on a parameter space P with lowered resolution and a position on the parameter space a voted value of which becomes large is detected. After that, plural candidate areas corresponding to the reference image are detected from the inputted image by a candidate area calculating part 12. And, each candidate area is successively collated with the template image by using a Hough-Fourier transformation system by an image collating part 16, the magnification, the rotation angle and the amount of translation of the candidate area with the largest degree of collation are outputted by a moving amount specifying part 17.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3693147

[Date of registration] 01.07.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's]

Searching PAJ

2/2 ページ

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-30062

(P2000-30062A)

(43)公開日 平成12年1月28日(2000.1.28)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G 0 6 T 7/00		G 0 6 F 15/70	4 5 0 5 B 0 4 3
		15/62	3 3 0 F 5 L 0 9 6
			4 5 0

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願平10-195798

(22)出願日 平成10年7月10日(1998.7.10)

(71)出願人 000001432

グローリー工業株式会社

兵庫県姫路市下手野1丁目3番1号

(72)発明者 大西 弘之

兵庫県姫路市下手野一丁目3番1号 グロ

ーリー工業株式会社内

(74)代理人 100071054

弁理士 木村 高久

Fターム(参考) 5B043 EA12 EA13 GA05

5L096 EA03 EA15 EA16 EA23 FA06

FA23 FA24 GA05 GA53 GA55

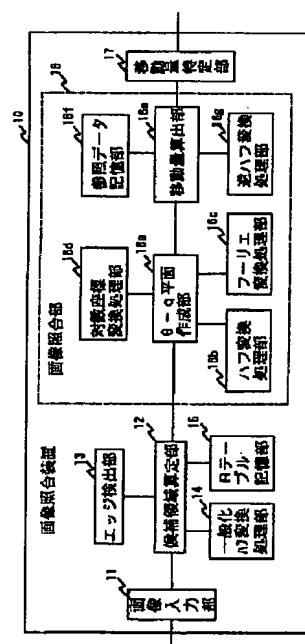
HA07 JA09

(54)【発明の名称】 画像照合方法、装置及び記録媒体

(57)【要約】

【課題】参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合する場合に、参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を、メモリ容量を低減しつつ、迅速かつ精度良く求めることができる画像照合方法、装置及び記録媒体を提供すること。

【解決手段】一般化ハフ変換処理部14がテンプレート画像から作成したエッジ画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルを求めてRテーブルを作成してRテーブル記憶部15に格納し、入力画像から検出したエッジ画像の各エッジ点とRテーブルを対応させて低分解能化したパラメータ空間P上に順次投票し、投票値が大きくなるパラメータ空間上の位置を検出する。その後、候補領域算定部12が入力画像上から参照画像に対応する複数の候補領域を検出する。そして、画像照合部16がハフ変換方式を用いて各候補領域とテンプレート画像とを順次照合し、移動量特定部17が照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合して、前記入力画像の参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する画像照合方法において、

前記参照画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルをエッジ方向ごとに収納したRテーブルを作成し、

前記入力画像のエッジ点を前記参照画像のエッジ点とした場合の基準点の位置を前記Rテーブルに基づいて低分解能化したパラメータ空間上に投票して一又は複数の候補領域を求め、

求めた候補領域が複数存在する場合には、各候補領域と前記参照画像とをそれぞれ照合して、照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力することを特徴とする画像照合方法。

【請求項2】 参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合して、前記入力画像の参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する画像照合装置において、

前記参照画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルを記憶するRテーブル記憶手段と、

前記入力画像のエッジ点を前記参照画像のエッジ点とした場合の基準点の位置を前記Rテーブル記憶手段の記憶内容に基づいて低分解能化したパラメータ空間上に投票する一般化ハフ変換手段と、

この低分解能化したパラメータ空間上に投票された投票値が所定レベル以上の候補領域を算定する算定手段と、前記算定手段が算定した候補領域と前記参照画像とを照合して、候補領域が複数存在する場合には、照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する照合手段とを具備したことを特徴とする画像照合装置。

【請求項3】 前記照合手段は、

前記候補領域及び参照画像をハフ変換して $\theta - \rho$ 平面を生成する $\theta - \rho$ 平面生成手段と、

前記 $\theta - \rho$ 平面生成手段が生成した $\theta - \rho$ 平面をフーリエ変換して $\theta - q$ 平面を生成する $\theta - q$ 平面生成手段と、

前記 $\theta - q$ 平面生成手段が生成した $\theta - q$ 平面レベルで回転角及び拡大率を算出し、算出した回転角及び拡大率で補正した $\theta - \rho$ 平面レベルで平行移動量を算出する算出手段とを具備したことを特徴とする請求項2記載の画像照合装置。

【請求項4】 参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合して、前記入力画像の参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する画像照合装置で用いる記録媒体であって、

前記参照画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルをエッジ方向ごとに収納したRテーブルを作成し、前記入力画像のエッジ点を前記参照画像のエッジ点とした場合の基準点の位置を前記Rテーブルに基づいて低分解能化したパラメータ空間上に投票して一又は複数の候補領域を求め、求めた候補領域が複数ある場合には、各候補領域と前記参照画像とをそれぞれ照合して、照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力するプログラムを記録することを特徴とする画像照合装置で用いる記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合して、入力画像の参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する画像照合方法、装置及び記録媒体に関し、特に、参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を、メモリ容量を低減しつつ、迅速かつ精度良く求めることができる画像照合装置、方法及び記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】予め登録された参照画像と、イメージスキャナ等から入力された入力画像を照合するためには、画像相互間での相対的な回転角、平行移動量および拡大・縮小率を算出する必要がある。

【0003】これらを算出するために、一般化ハフ(Hough)変換という手法が広く用いられているが、この一般化ハフ変換には、膨大な処理時間を要するという問題があるため、例えば特開昭62-77689号公報では、一般化ハフ変換回路をハードウェアで実現することにより、ハフ変換処理の高速化を図っている。

【0004】しかしながら、かかる一般化ハフ変換では、入力画像と参照画像の各エッジ点間の全ての組合せから回転量、平行移動量、拡大縮小率を求めるため、たとえこの従来技術を用いて一般化ハフ変換をハードウェア化したとしても、エッジ数が多い複雑な図形等を照合する場合には、エッジ点間の組合せが増大し、その処理に膨大な時間がかかる。

【0005】また、この一般化ハフ変換を行うためには、回転、平行移動、拡大縮小率からなる4次元のパラメータ空間のためのメモリが必要となるため、メモリ容量上の問題もある。例えば、平行移動を1画素、回転角を1度、拡大率を0.5から2.0まで0.1の分解能で求めるためには、画像サイズを256画素×256画素としたとき、パラメータ空間用に約300メガバイト(256×256×360×15)のメモリ容量が要求される。

【0006】このように、一般化ハフ変換を用いて画像の照合を行う場合には、メモリ容量の増大及び処理遅延という問題が生ずるため、このメモリ容量及び処理遅延

に係わる問題を低減する従来技術が提案されている。

【0007】例えば、特開平9-245167号公報には、参照画像及び入力画像に対してエッジ方向検出、ハフ変換及びフーリエ変換を順次行い、フーリエ平面レベルでの位置ずらし量に基づいて回転角を算出するとともに、この回転角により補正したハフ平面レベルで平行移動量を算出するよう構成した画像照合方法及び装置が開示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この従来技術は、入力画像が、参照画像を平行移動、回転及び又は拡大縮小したものである場合には適用できるが、入力画像自体が、参照画像と異なる画像である場合には精度が低下する。

【0009】例えば、参照画像が一万円札のすかし部分であり、入力画像が一万円札全体である場合には、入力画像と参照画像とが大きく異なる画像であるために単純に従来技術を適用できない。かかる場合には、すかし部分以外の画情報がすべてノイズ成分となり、これによるS/N比の劣化に伴って、拡大率、回転角及び平行移動量の検出精度が低下するためである。

【0010】また、画像からの画素の間引き又は画像圧縮を行って画像を低分解能にし、この低分解能の画像から概略の拡大率、回転角及び平行移動量を検出することによって処理の高速化を図る技術もあるが、かかる画素の間引き等を行うと、例えば一画素の連結で形成される線分等の画情報を消失するため、入力画像のうちの参照画像に対応する部分を精度良く検出できなくなる。

【0011】このように、参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合する場合に、参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を、メモリ容量を低減しつつ、いかに迅速かつ精度良く求めるかが、極めて重要な課題となっている。

【0012】そこで、本発明では、上記課題を解決し、参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合する場合に、参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を、メモリ容量を低減しつつ、迅速かつ精度良く求めることができる画像照合方法、装置及び記録媒体を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載された発明は、参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合して、前記入力画像の参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する画像照合方法において、前記参照画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルをエッジ方向ごとに収納したRテーブルを作成し、前記入力画像のエッ

ジ点を前記参照画像のエッジ点とした場合の基準点の位置を前記Rテーブルに基づいて低分解能化したパラメータ空間上に投票して—又は複数の候補領域を求め、求めた候補領域が複数存在する場合には、各候補領域と前記参照画像とをそれぞれ照合して、照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力することを特徴とする。

【0014】また、請求項2に記載された発明は、参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合して、前記入力画像の参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する画像照合装置において、前記参照画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルを記憶するRテーブル記憶手段と、前記入力画像のエッジ点を前記参照画像のエッジ点とした場合の基準点の位置を前記Rテーブル記憶手段の記憶内容に基づいて低分解能化したパラメータ空間上に投票する一般化ハフ変換手段と、この低分解能化したパラメータ空間上に投票された投票値が所定レベル以上の候補領域を算定する算定手段と、前記算定手段が算定した候補領域と前記参照画像とを照合して、候補領域が複数存在する場合には、照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する照合手段とを具備したことを特徴とする。

【0015】また、請求項3に記載された発明は、前記照合手段が、前記候補領域及び参照画像をハフ変換して $\theta-\rho$ 平面を生成する $\theta-\rho$ 平面生成手段と、前記 $\theta-\rho$ 平面生成手段が生成した $\theta-\rho$ 平面をフーリエ変換して $\theta-q$ 平面を生成する $\theta-q$ 平面生成手段と、前記 $\theta-q$ 平面生成手段が生成した $\theta-q$ 平面レベルで回転角及び拡大率を算出し、算出した回転角及び拡大率で補正した $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出する算出手段とを具備したことを特徴とする。

【0016】また、請求項4に記載された発明は、参照画像と、該参照画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に含む入力画像とを照合して、前記入力画像の参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する画像照合装置で用いる記録媒体であって、前記参照画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルをエッジ方向ごとに収納したRテーブルを作成し、前記入力画像のエッジ点を前記参照画像のエッジ点とした場合の基準点の位置を前記Rテーブルに基づいて低分解能化したパラメータ空間上に投票して—又は複数の候補領域を求め、求めた候補領域が複数ある場合には、各候補領域と前記参照画像とをそれぞれ照合して、照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力するプログラムを記録することを特徴とする。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態につい

て図面を参照して説明する。

【0018】図1は、本実施の形態で用いる画像照合装置10の構成を示す図である。

【0019】図1に示すように、この画像照合装置10は、例えば図6(b)に示すような参照濃度画像(以下「テンプレート画像」と言う。)R(x, y)と、該テンプレート画像に対応する画像を回転及び又は拡大縮小した画像をその一部に有する図6(a)に示すような入力濃度画像(以下「入力画像」と言う。)I(x, y)とを照合し、回転角、平行移動量及び拡大縮小率を出力する。

【0020】具体的には、この画像照合装置が行う処理は、入力画像I(x, y)の中からテンプレート画像R(x, y)に対応する複数の候補領域F(x, y)を抽出する前処理と、この前処理により取得した各候補領域F(x, y)とテンプレート画像R(x, y)とを照合して回転角、平行移動量及び拡大縮小率を取得する照合処理とに区分される。

【0021】この前処理では、テンプレート画像R(x, y)からエッジ検出したエッジ画像r(x, y)の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルを求めてRテーブルを作成する。

【0022】その後、入力画像I(x, y)からエッジ点を求め、求めたエッジ点と同じエッジ方向を持つRテーブル内のエッジ点の基準点の位置をパラメータ空間P上に順次投票し、投票値が所定のレベル以上になる複数の候補領域を検出する。なお、図6(c)は、(x, y)の分解能が0.25倍のパラメータ空間Pへの投票結果の一例を示している。

【0023】ただし、パラメータ空間Pを形成する拡大率、回転角及び平行移動量の分解能を大きくすると、その精度は上がるものの、パラメータ空間Pに要するメモリ容量が大きくなり、かつ、膨大な計算時間を要するため、この画像照合装置10では、パラメータ空間を低分解能にして複数の候補領域を抽出するにとどめることとしている。なお、本実施の形態では、あくまでもパラメータ空間を低分解能としているわけではなく、入力画像自体を低分解能にしているわけではないので、画像の細部の情報を欠落した状態で照合しているわけではない。

【0024】これに対して、上記照合処理では、前処理によって抽出した各候補領域F(x, y)とテンプレート画像R(x, y)とをそれぞれ θ - ρ ハフ変換及びフーリエ変換し、両画像の照合度をそれぞれ求めて、そのうち最も照合度が高い場合の拡大率、回転角及び平行移動量を求める。

【0025】次に、この画像照合装置10の具体的な構成について説明する。

【0026】図1に示すように、この画像照合装置10は、画像入力部11と、候補領域算定部12と、エッジ検出部13と、一般化ハフ変換処理部14と、Rテ

ル記憶部15と、画像照合部16と、移動量特定部17とからなる。

【0027】なお、この一般化ハフ変換処理部14が本発明に係わる一般化ハフ変換手段に対応し、Rテーブル記憶部15が本発明に係わるRテーブル記憶手段に対応し、候補領域算定部12が本発明に係わる算定手段に対応し、画像照合部16及び移動量特定部17が本発明に係わる照合手段に対応する。

【0028】画像入力部11は、あらかじめ準備したテンプレート画像R(x, y)と入力画像I(x, y)を光学的に読み取るイメージスキャナ等の入力デバイスであり、入力された各画像を候補領域算定部12に出力する。

【0029】候補領域算定部12は、エッジ検出部13及び一般化ハフ変換処理部14を用いて入力画像I(x, y)の中からテンプレート画像R(x, y)に対応する複数の候補領域F(x, y)を算定する処理部である。

【0030】具体的には、この候補領域算定部12では、画像入力部11からテンプレート画像R(x, y)を受け取ったならば、後述するエッジ検出部13を用いてテンプレート画像R(x, y)からエッジ画像Re(x, y)を作成する。そして、このエッジ画像Re(x, y)の各エッジ点から所定の基準点(例えば重心)へのベクトルを求めてRテーブルを作成し、Rテーブル記憶部15に格納する。

【0031】次に、画像入力部11から入力画像を受け取ったならば、テンプレート画像の場合と同様に、この入力画像I(x, y)からエッジ画像Ie(x, y)を作成する。

【0032】そして、このエッジ画像の各エッジ点において、Rテーブル内でそのエッジ点と同じ方向のベクトルをパラメータ空間P上に順次投票し、投票値が所定レベル以上となる複数の候補領域を検出する。

【0033】なお、この候補領域算定部12が、パラメータ空間P上での投票値の最大位置から拡大率、回転角及び平行移動量を直接求めるのではなく、複数の候補領域F(x, y)の抽出にその処理を止めた理由は、メモリ容量の低減及び処理の高速化を考慮してパラメータ空間Pを低分解能にしたためである。

【0034】すなわち、パラメータ空間Pを高分解能をすると、投票値が最大となる位置(u, v, s, θ)を求めることができる反面、パラメータ空間P用の膨大なメモリと膨大な計算時間を要するため、ここではパラメータ空間P上での処理を簡素化し、後述する画像照合部16が行うハフフーリエ処理を通じて、拡大率s、回転角 θ 、平行移動量(u, v)を特定することとした。

【0035】エッジ検出部13は、濃度画像に対してガウスラプラシアンフィルタを適用して、ガウスラプラシアンフィルタの正負の符号がx軸方向又はy軸方向

に変化する点(以下「ゼロクロス点」と言う。)を求めてエッジ点を検出するとともに、かかるゼロクロス点の位置に対してソーベルオペレータを適用することによりノイズの除去を図りつつエッジ強度 E_m 及びエッジ方向 E_θ を算定し、該エッジ強度 E_m が所定のしきい値以上であることを条件としてそのエッジ方向 E_θ をエッジ方向画像に格納する処理部である。

【0036】具体的には、本発明では、特開平5-151352号公報に開示されるゼロクロス点に基づくエッジ検出方法を用いて、 $R(x, y)$ に対応する $R_e(x, y)$ 、 $I(x, y)$ に対応する $I_e(x, y)$ 及び $F(x, y)$ に対応する $F_e(x, y)$ を作成する。ただし、 $F_e(x, y)$ は $I_e(x, y)$ からセグメントすることも可能である。

【0037】一般化ハフ変換処理部14は、エッジ検出部13が作成したエッジ画像 $R_e(x, y)$ の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルを求めてRテーブルを作成することと入力画像から作成したエッジ画像 $I_e(x, y)$ の各エッジ点において、そのエッジ方向と同じエッジ方向のRテーブル内のベクトルをパラメータ空間P上に順次投票する処理部である。なお、作成されたRテーブルは、Rテーブル記憶部15に格納される。

【0038】具体的には、図2(a)に示すように、エッジ画像 $R_e(x, y)$ の各エッジ点 (x, y) から基準点 (x_c, y_c) へのベクトル $r = (r, \alpha)$ をそれぞれ求め、求めたベクトル r をエッジ方向 α ごとにまとめて図2(b)に示すようなRテーブルを作成する。

【0039】画像照合部16は、候補領域算定部12が算定した入力画像 $I(x, y)$ 上の各候補領域 $F(x, y)$ とテンプレート画像 $R(x, y)$ とをハフ変換方式で照合して、候補領域ごとの拡大率、回転角、平行移動量及び照合度を出力する処理部であり、 θ - q 平面作成部16a、ハフ変換処理部16b、フーリエ変換処理部16c、対数座標変換処理部16d、移動量算出部16e、参照データ記憶部16f及び逆ハフ変換処理部16gを有する。

【0040】 θ - q 平面作成部16aは、エッジ検出部13、ハフ変換処理部16b、フーリエ変換処理部16cおよび対数座標変換処理部16dを用いて、入力された画像からエッジ方向画像、 θ - ρ 平面データ、 θ - p 平面データおよび θ - q 平面データを順次作成し、 θ - ρ 平面データ及び θ - q 平面データを移動量算出部16eに出力する。

【0041】具体的には、エッジ検出部13がエッジを抽出したエッジ方向画像をハフ変換処理部16bを用いてハフ変換し、このハフ変換により得られる θ - ρ 平面データをフーリエ変換処理部16cを用いてフーリエ変換し、 θ - p 平面データを作成し、さらに対数座標変換処理部16dを用いて p 軸を q 軸に対数座標変換して、 θ - q 平面データを作成する。

【0042】すなわち、この θ - q 平面作成部16aでは、入力された画像がテンプレート画像 $R(x, y)$ である場合には、該 $R(x, y)$ に対応する参照 θ - q 平面データを作成し、また入力された画像が候補領域 $F(x, y)$ である場合には、該 $F(x, y)$ に対応する入力 θ - q 平面データを作成する。

【0043】例えば、入力された画像が $R(x, y)$ である場合には、まず最初にエッジ検出部13を用いて参照エッジ方向画像 $R_e(x, y)$ を作成し、次に、この $R_e(x, y)$ をハフ変換処理部16bによりハフ変換し、参照 θ - ρ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ を作成する。さらに、この $h_0(\theta, \rho)$ をフーリエ変換処理部16cを用いてフーリエ変換し、参照 θ - p 平面データ $H_0(\theta, p)$ を作成し、さらに、この $H_0(\theta, p)$ を対数座標変換処理部16dにより対数座標変換して、参照 θ - q 平面データ $H_0(\theta, q)$ を作成する。

【0044】 $h_0(\theta, \rho)$ 及び $H_0(\theta, \rho)$ を受け取った移動量算出部16eは、この $h_0(\theta, \rho)$ 及び $H_0(\theta, q)$ を参照データとして、参照データ記憶部16fに格納する。

【0045】ハフ変換処理部16bは、エッジ検出部13が作成したエッジ方向画像をハフ変換して θ - ρ 平面データを作成する処理部であり、具体的には、 $R_e(x, y)$ に対応する $h_0(\theta, \rho)$ および $I_e(x, y)$ に対応する $h_1(\theta, \rho)$ を作成する。すなわち、このハフ変換処理部16bは、一般化ハフ変換処理部14と同様にハフ変換を行うこととなるが、そのハフ変換の内容自体については一般化ハフ変換とは異なる。

【0046】フーリエ変換処理部16cは、ハフ変換処理部16bが作成した θ - ρ 平面データをフーリエ変換して θ - p 平面データを作成する処理部であり、具体的には、 $h_0(\theta, \rho)$ に対応する $H_0(\theta, p)$ および $h_1(\theta, \rho)$ に対応する $H_1(\theta, p)$ を作成する。

【0047】対数座標変換処理部16dは、フーリエ変換処理部16cが作成した θ - p 平面の p 軸を、対数座標軸 q 軸に対数座標変換処理する処理部であり、具体的には、 $H_0(\theta, p)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ および $H_1(\theta, p)$ に対応する $H_1(\theta, q)$ を作成する。

【0048】移動量算出部16eは、 θ - q 平面作成部16aから入力される入力データ $h_1(\theta, \rho)$ 及び $H_1(\theta, q)$ と参照データ記憶部16fに格納された参照データ $h_0(\theta, \rho)$ 及び $H_0(\theta, q)$ を用いて、候補領域 $F(x, y)$ に含まれる図形(検査対象物)の、テンプレート画像 $R(x, y)$ に含まれる図形(基準となる形状パターン)に対する回転角、平行移動量および拡大・縮小率を算出しこれを出力する処理部である。

【0049】具体的には、この移動量算出部16eは、ハフ変換を行った θ - ρ 平面をさらにフーリエ変換した θ - q 平面レベルで回転角および拡大・縮小率を算出するとともに、これら回転角および拡大・縮小率により補

正された $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出する。

【0050】このように $\theta-\rho$ 平面をさらにフーリエ変換し、補正した $\theta-\rho$ 平面で平行移動量を算出した理由は、まず、平行移動の影響を除去した上で回転角および拡大・縮小率を迅速に求め、その後これら回転角、拡大・縮小率の影響を除去した上で平行移動量を迅速に求めるためである。

【0051】また、この移動量算出部16eが、参照データすなわち $h_0(\theta, \rho)$ 及び $H_0(\theta, q)$ を $\theta-q$ 平面作成部16aから受け取った場合には、かかる参照データを参照データ記憶部16fに記憶する処理を行う。このため、その細部の説明は省略するが、 $\theta-q$ 平面作成部16aが移動量算出部16eに対して参照データを出力する際には、出力するデータが参照データであることを示す識別フラグ等を当該参照データに付与するようにしている。

【0052】参照データ記憶部16fは、テンプレート画像 $R(x, y)$ に対応する $\theta-\rho$ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ 及び $\theta-q$ 平面データ $H_0(\theta, q)$ を参照データとして記憶する記憶部であり、かかる参照データは移動量算出部16eによりアクセスされる。

【0053】逆ハフ変換処理部16gは、移動量算出部16eが平行移動量を算出する際に使用する処理部であり、具体的には、この移動量算出部16eが参照 $\theta-\rho$ 平面と入力 $\theta-\rho$ 平面との間で算出した相関係数を記憶した ρ 相互相関画像 $C_\rho(\theta, \rho)$ について逆ハフ変換を実行する。

【0054】移動量特定部17は、画像照合部16から受け取った照合結果に基づいて、複数の候補領域のうちテンプレート画像と最も照合度の高い候補領域を特定し、該特定した候補領域についての回転角、平行移動量及び拡大縮小率を出力する処理部である。

【0055】このように、この画像照合装置10では、候補領域算定部12がエッジ検出部13及び一般化ハフ変換処理部14を用いてテンプレート画像 $R(x, y)$ からRテーブルを作成し、その後入力画像 $I(x, y)$ 及びRテーブルに基づくパラメータ空間P上への投票を行い投票値が所定レベル以上の位置を求めることによって、入力画像上でのテンプレート画像のサイズと拡大率を考慮した複数の候補領域を求め、求めた複数の候補領域についてハフフーリエ方式による画像照合を行うこととしている。

【0056】以上、図1に示す画像照合装置10の構成について説明した。

【0057】次に、図1に示す画像照合装置10の処理手順について説明する。

【0058】図3は、図1に示す画像照合装置10の処理手順を示すフローチャートである。

【0059】同図に示すように、この画像照合装置10は、入力画像及びテンプレート画像からそれぞれエッジ

を検出してエッジ画像を作成した後に(ステップ301)、テンプレート画像のエッジ画像からRテーブルを作成し、このRテーブルと入力画像のエッジ画像からパラメータ空間P上に投票を行って複数(N個)の候補領域を検出する(ステップ302)。

【0060】その後、候補領域の変数 i を0に初期化し(ステップ303)、第 i 番目の候補領域のセグメントを取得し(ステップ304)、この候補領域についてのハフフーリエ方式を用いた拡大率・回転角・平行移動量及び照合度を計算する(ステップ305)。

【0061】そして、この計算が終了したならば、変数 i をインクリメントして該変数 i をNと比較し(ステップ306~307)、変数 i がNよりも小さい場合すなわち他の候補領域が存在する場合には、ステップ304に移行して同様の処理を行う。

【0062】これに対して、変数 i がN以上となった場合すなわち全ての候補領域についての照合処理を終了したならば、N個の候補領域の中で最大の照合度を持つ候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力する(ステップ308)。

【0063】上記一連の処理を行うことにより、テンプレート画像をその一部に含む入力画像とテンプレート画像とを照合する場合に、パラメータ空間のメモリ容量を低減しつつ、迅速かつ効率的に拡大率、回転角及び平行移動量を算出することができる。

【0064】次に、図3のステップ302に示す候補領域の算定処理についてさらに具体的に説明する。

【0065】図4は、図3に示す候補領域の算定処理手順を示すフローチャートである。

【0066】同図に示すように、この候補領域算定部12は、一般化ハフ変換処理部14がエッジ画像 $R_e(x, y)$ からRテーブルを作成したならば、入力画像のエッジ画像 $I_e(x, y)$ 上のエッジ点を順次取得し(ステップ401)、このエッジ点がRテーブル内の点 (r, α) と対応すると仮定した場合に、可能性のある拡大率 s 、回転角 θ 及び平行移動量 (u, v) の全ての組合せを求め、求めた組合せをパラメータ空間P (u, v, s, θ) 上に順次投票する。

【0067】具体的には、まず拡大率 s を s_{min} とし(ステップ402)、回転角 θ を $\Phi_{n-\theta_e}$ とし(ステップ403)、エッジ方向 Φ を Φ_{n-1} とし(ステップ404)、エッジ方向の変数 m を'0'とする(ステップ405)。

【0068】そして、この場合の平行移動量 (u, v) を、

$$u = X + r \times s \times \cos(\alpha + \theta)$$

$$v = Y + r \times s \times \sin(\alpha + \theta)$$

の算定式から求め、求めたパラメータ空間P上の位置P (s, θ, u, v) の投票値をインクリメントする(ステップ406)。

【0069】そして、変数 m が定数 M 未満である間は、該変数 m をインクリメントしてステップ406に移行し、パラメータ空間 P 上の投票を繰り返し（ステップ407）、変数 m が定数 M 以上になると、エッジ方向 ϕ が ϕ_{n+1} 以上となるまでエッジ方向 ϕ を順次インクリメントしてステップ405に移行する（ステップ408）。

【0070】そして、エッジ方向 ϕ が ϕ_{n+1} 以上になると、回転角 θ が $\phi_n + \theta_e$ 以上となるまで順次回転角 θ を $\Delta\theta$ だけインクリメントしてステップ404に移行し（ステップ409）、回転角 θ が $\phi_n + \theta_e$ 以上になると、拡大率 s が s_{\max} 以上となるまで順次拡大率 s を Δs だけインクリメントしてステップ403に移行する（ステップ410）。

【0071】そして、拡大率 s が s_{\max} 以上になると、エッジ点の変数 n が定数 N 以上であるか否かを調べ、該変数 n が定数 N 以上でなければステップ402に移行する（ステップ411）。

【0072】かかる処理を行うことにより、パラメータ空間 P 上の各位置の投票値の集計結果が得られるため、このパラメータ空間 P 上の投票結果に基づいて複数の候補領域を抽出する（ステップ412）。

【0073】このように、この候補領域算定部12では、拡大率 s を s_{\min} から s_{\max} まで Δs 刻みで変位させるとともに、回転角 θ を $\phi_n - \theta_e$ から $\phi_n + \theta_e$ まで $\Delta\theta$ 刻みで変位させ、この場合の各平行移動量（ u 、 v ）を算出してパラメータ空間 P 上に投票する処理を繰り返すことにより、複数の候補領域を求めている。なお、 θ_e は実験から求めたエッジ方向の検出誤差である。

【0074】ところで、この Δs 及び $\Delta\theta$ の分解能が高ければ、パラメータ空間 P 内の最大値の位置の検出によって直接拡大率、回転角及び平行移動量が求まるわけであるが、高分解能にするためには膨大なメモリ容量と計算時間が必要となる。

【0075】例えば、入力画像のサイズを 512×512 画素とし、 s の分解能を0.5から2.0まで0.1刻み、 θ の分解能を1度、（ u 、 v ）の分解能を（2、2）画素とすると、パラメータ空間 P に必要なメモリ容量は、約300メガバイト（ $256 \times 256 \times 360 \times 15$ ）以上となる。

【0076】このため、本実施の形態では、 s の分解能を0.5から2.0まで0.1刻み、 θ の分解能を4度、（ u 、 v ）の分解能を（4、4）画素とすることにより、パラメータ空間 P に必要なメモリ容量を数十メガバイトに抑制するとともに、パラメータ空間 P 上への投票に要する時間を短縮している。

【0077】また、かかるパラメータ空間 P の低分解能化を行うと、パラメータ空間 P 上での回転角 θ から見た投票結果に良好な結果をもたらすことになる。

【0078】例えば、図5（a）に示す画像をテンプレ

ートとして一般化ハフ変換する場合には、例えば図中に示すエッジ点 P 及び Q から基準点へのベクトルを求めて R テーブルを作成するため、当然ながらエッジ点 P 及び Q から張るベクトルの終点はともに基準点となる。

【0079】これに対して、このテンプレート画像を10度回転した図5（b）に示す入力画像を用いてパラメータ空間 P 上に投票を行う場合に、たとえ入力画像のエッジ点 P' 及び Q' がテンプレート画像のエッジ点 P 及び Q にそれぞれ対応し、各エッジ方向が同じ場合であっても、パラメータ空間 P が高分解能（分解能1）であれば、エッジ点 P' からのベクトルの終点とエッジ点 Q' からのベクトルの終点が一点に集約しない。エッジ検出部13が検出するエッジ方向は、 3×3 画素の微分オペレータで処理したものであり、誤差を含むからである。

【0080】このため、パラメータ空間 P 上の投票位置を正確に求めるためには、例えばエッジ点 P' 及び Q' からのエッジ方向の誤差を考慮した複数のベクトルを考え、両エッジ点からのベクトルが一致する一致点を求めざるを得ないが、かかる一致点をその都度求めているのでは、膨大な処理時間を要する。

【0081】ところが、図5（c）に示すように、パラメータ空間 P を低分解能（分解能2）にすると、エッジ点 P' からのベクトルの終点とエッジ点 Q' からのベクトルの終点が一点に集約する。

【0082】このように、パラメータ空間 P 上を低分解能にすると、 $\Delta\theta$ を大きくすることができるので、パラメータ空間を小さくし、かつ、処理速度を高速化できるのである。

【0083】以上、図1に示す画像照合装置10の全体処理及び候補領域を算定するまでの処理について説明した。

【0084】次に、図1に示す画像照合部16の処理手順について説明する。ただし、ここでは、参照データは既に参照データ記憶部16fに設定済みであるものとする。

【0085】図7は、図1に示す画像照合部16の処理手順を示すフローチャートである。

【0086】同図に示すように、この画像照合部16は、候補領域 $F(x, y)$ が入力されると、 $\theta-q$ 平面作成部16aがエッジ検出部13を用いて $F(x, y)$ からエッジ方向画像 $F_e(x, y)$ を作成する（ステップ701）。

【0087】そして、 $\theta-q$ 平面作成部16aは、ハフ変換処理部16bを用いて $F_e(x, y)$ をハフ変換して $\theta-p$ 平面データ $h_1(\theta, p)$ を作成した後（ステップ702）、フーリエ変換部16cを用いて $h_1(\theta, p)$ をさらにフーリエ変換し $\theta-p$ 平面データ $H_1(\theta, p)$ を作成する（ステップ703）。

【0088】さらに、 $\theta-q$ 平面作成部16aは、対数座標変換処理部16dを用いて $\theta-p$ 平面（ θ, p ）の

ρ 軸を、 q 軸という対数座標軸に対数座標変換して、 $\theta - q$ 平面データ $H1(\theta, q)$ を作成する (ステップ704)。

【0089】そして、移動量算出部16eは、予め作成し参照データ記憶部16fに予め記憶しておいた同様な対数座標変換後の参照データ $H0(\theta, q)$ を当該参照データ記憶部16fから読み出す (ステップ705)。

【0090】ついで、ステップ704で作成されたフーリエ対数座標変換画像 $H1(\theta, q)$ と、ステップ705で参照データ記憶部16fから読み出されたフーリエ対数座標変換画像 $H0(\theta, q)$ とを用いて、これらの2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ を計算する (ステップ706)。

【0091】そして、この2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ が最大となる θ, q の位置より回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求める (ステップ707)。

【0092】次に、この移動量算出部16eは、これら回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて参照 $\theta - \rho$ 平面に対する入力 $\theta - \rho$ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正し、この補正した参照 $\theta - \rho$ 平面データ $h0(\theta, \rho)$ と入力 $\theta - \rho$ 平面データ $h1(\theta, \rho)$ の各 θ について ρ 軸方向にシフトしながら正規化相関係数を計算し、その相関係数の最大値の位置を検出して、相関係数を記憶した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を作成する (ステップ708)。

【0093】そして、移動量算出部16eは、逆ハフ変*

$$\nabla^2 G(x, y) = \frac{-1}{\pi \sigma^4} \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

そして、 $Fg(x, y)$ の注目画素が負で、かつ、その4近傍の画素のうち少なくとも1つの画素の画素値が正であるか否かを確認し (ステップ802)、かかる条件が成立する場合には、 $F(x, y)$ に対してソーベル (Sobel) の微分オペレータを適用してエッジ強度 Em を算出する (ステップ803)。

【0099】そして、このエッジ強度 Em が所定のしきい値以上であれば、エッジ方向 $E\theta$ を計算してエッジ方向画像 $Fe(x, y)$ に格納し、しきい値未満の場合には、次画素の処理に移行する (ステップ305)。

【0100】このように、上記ゼロクロス点は、 σ の値を小さくして画像の詳細なエッジを検出しようとするとき、ノイズのエッジ点に対応するものが多くなるという性質を有するため、かかるノイズのゼロクロス点の位置に対してソーベルオペレータを適用することにより、ノイズのゼロクロス点の除去を図っている。

【0101】そして、注目画素を移行させながらかかるステップ802~805の処理を繰り返し (ステップ806)、全ての画素に対する処理を終了したならば、このエッジ方向画像処理を終了する。

【0102】このように、このエッジ検出部13は、特

* 換処理部16gを用いて ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を逆ハフ変換して逆ハフ変換画像 $Inv(x, y)$ を作成し、その最大値の位置を求めて平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を算出する (ステップ709)。 $Inv(x, y)$ の最大値を、この候補領域の照合度とする。

【0094】上記一連の処理を行うことにより、 $\theta - q$ 平面レベルで回転角 ψ および拡大・縮小率 s を求めるとともに、該回転角 ψ および拡大・縮小率 s に基づいて $\theta - \rho$ 平面レベルで平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ を求めることが可能となる。なお、上記処理手順においては、 $Re(x, y)$ 、 $h0(\theta, \rho)$ 、 $H0(\theta, \rho)$ 、 $H0(\theta, q)$ の作成手順についての説明を省略したが、これらについても、 $F(x, y)$ の場合と同様にステップ701~704を実行することにより作成することができる。

【0095】次に、図7のステップ701に示すエッジ方向画像の作成手順について具体的に説明する。

【0096】図8は、図2のステップ701のエッジ方向画像の作成手順を示すフローチャートである。

【0097】図8に示すように、エッジ検出部13では、まず最初にゼロクロス点を求めるために、候補領域 $F(x, y)$ に対して次式に示すガウスブラシアンフィルタを適用し、ラブラシアン画像 $Fg(x, y)$ を作成する (ステップ801)。

【0098】

開平5-151352号公報に開示されたエッジ検出方法と同様の手法を用いてエッジ方向画像 $Fe(x, y)$ を作成している。

【0103】なお、上記ソーベルの微分オペレータは、図9に示すように、 x 方向のマスクオペレータ90と y 方向のマスクオペレータ91から構成され、 x 方向のマスクオペレータ90からの出力を Mx 、 y 方向のマスクオペレータ91からの出力を My とすると、エッジ強度 Em 及びエッジ方向 $E\theta$ は次式により算出される。

【0104】

$$\begin{aligned} E_m &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \\ E_\theta &= \tan^{-1}\left(\frac{M_y}{M_x}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

また、ここでは、ソーベルの微分オペレータを用いた場合について説明したが、ロバーツ (Robert) やロビンソン (Robinson) 等の各種微分オペレータを適用することも可能である。

【0105】次に、図7のステップ702に示す $\theta - \rho$ 平面データの作成手順について具体的に説明する。

【0106】図10は、図7のステップ702の θ - ρ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【0107】図10に示すように、ハフ変換処理部16bは、エッジ方向画像 $F_e(x, y)$ が入力されると(ステップ1001)、この $F_e(x, y)$ がエッジ点であるか否かを確認し(ステップ1002)、エッジ点*

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

$$(E_\theta - \Delta\theta < \theta < E_\theta + \Delta\theta) \quad (3)$$

を算出するとともに、その算出値に対応する $h_1(\theta, \rho)$ に+1加算(投票)する(ステップ1004)。

【0109】そして、角度変数 θ をインクリメントし(ステップ1005)、該角度変数 θ が $E_\theta - \Delta\theta$ から $E_\theta + \Delta\theta$ の範囲内である限り、上記ステップ1004及び1005の処理を繰り返す(ステップ1006)。

【0110】そして、かかる処理をエッジ方向画像 $F_e(x, y)$ の全画素について繰り返し(ステップ1007)、全画素の処理を終えた時点で、この θ - ρ ハフ変換処理を終了する。

【0111】すなわち、 $F_e(x, y)$ がエッジ点である場合には、角度変数 θ を $E_\theta - \Delta\theta$ から $E_\theta + \Delta\theta$ まで変位させつつ ρ を算出し、その θ 及び ρ の組み合わせに対応する $h_1(\theta, \rho)$ に+1加算していくことにより、 $h_1(\theta, \rho)$ を作成している。

*である場合には、角度変数 θ を

$$\theta = E_\theta - \Delta\theta$$

に設定する(ステップ1003)。なお、この $\Delta\theta$ は、実験を踏まえて妥当な値が設定される。

【0108】次に、

※【0112】なお、ここでは候補領域 $F(x, y)$ に対応する $h_1(\theta, \rho)$ を作成する場合について説明したが、テンプレート画像 $R(x, y)$ に対応する $h_0(\theta, \rho)$ についても同様に作成することができる。

【0113】次に、図7のステップ703に示すフーリエ変換処理、つまり θ - ρ 平面データの作成手順について具体的に説明する。

【0114】ここで、候補領域 $F(x, y)$ は、テンプレート画像 $R(x, y)$ に対して、拡大・縮小率 s で拡大、縮小され、さらに回転角 ψ をもって回転され、さらに平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ だけ平行移動されている。

【0115】こうした (x, y) 空間上での拡大・縮小、回転、平行移動は、 (θ, ρ) 空間上では下式に示される変換で表される。

$$h_1(\theta, \rho) = h_0\left(\theta - \alpha, \frac{\rho - t \cos(\theta - \kappa)}{s}\right) \quad (4)$$

ただし、

$$t = \sqrt{x_\Delta^2 + y_\Delta^2} \quad (5)$$

$$\kappa = \tan^{-1}\left(\frac{y_\Delta}{x_\Delta}\right) \quad (6)$$

である。

【0117】そこで、 (θ, ρ) 空間から、こうした平行移動の影響を除去するために、候補領域 $F(x, y)$ に対応する $h_1(\theta, \rho)$ およびテンプレート画像 $R(x, y)$ に対応する $h_0(\theta, \rho)$ それぞれについて、 ρ 軸方向の1次元のフーリエ変換を行い、その後周波数 p が $p \geq 0$ の領域のパワースペクトル密度を計算してフーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ 、 $H_0(\theta, p)$ を求

★めるようにしている。

30 【0118】すなわち、図11は、かかる θ - ρ 平面データの作成手順を示すフローチャートであり、同図に示すように、フーリエ変換処理部16cは、まず、ハフ変換処理部16bが作成した入力 θ - ρ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ を入力する(ステップ1101)。ついで、角度変数 θ をゼロに初期設定した後(ステップ1102)、FFTすなわち高速フーリエ変換により $h_1(\theta, \rho)$ において ρ 軸方向の1次元フーリエ変換を行い、そのパワーを $H_1(\theta, p)$ に格納する。つまり周波数 p が $p \geq 0$ の領域のパワースペクトル密度を計算してフーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ を下記(8)式のごとく求める。

★ 【0119】

$$H_0(\theta, p) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} h_0(\theta, \rho) \cdot e^{-j2\pi p \rho} d\rho \right| \quad (7)$$

$$H_1(\theta, p) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} h_1(\theta, \rho) \cdot e^{-j2\pi p \rho} d\rho \right| \quad (8)$$

(ステップ1103)。

50 【0120】そして、角度変数 θ をインクリメントした

後に(ステップ1104)、該 θ が θ_{\max} 未満であるか否かを確認し(ステップ1105)、 θ_{\max} 未満である場合にはステップ1103及び1104の処理を繰り返す、やがて θ_{\max} 以上となった時点で処理を終了する。

【0121】なお、ここでは候補領域 $F(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, p)$ を作成する場合について説明したが、テンプレート画像 $R(x, y)$ に対応する H_0

$$H_1(\theta, p) = sH_0(\theta - \varphi, sp) \quad (9)$$

次に、図7のステップ704に示す対数座標変換処理の手順について具体的に説明する。

【0124】ここで、対数座標変換処理をする理由は、以下のとおりである。

【0125】すなわち、拡大・縮小率 s をもって候補領域 $F(x, y)$ がテンプレート画像 $R(x, y)$ に対して拡大、縮小している場合には、入力フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ は参照フーリエ変換画像 $H_0(\theta, p)$ に対して p 軸方向に縮小、拡大したものになっている(例えば、候補領域 $F(x, y)$ がテンプレート画像 $R(x, y)$ に対して拡大しているときは、 p 軸方向に縮

む関係となる)。

【0126】このまま、拡大・縮小率 s を求めたのでは、演算処理が煩雑なものとなり、処理に時間を要することとなる。

【0127】そこで、周波数 p 軸を、周波数の対数座標軸 q 軸に対数座標変換することにより、 p 軸方向に画像が伸縮している関係を、 q 軸方向に画像が平行移動している関係に変換する。つまり、参照 $\theta - q$ 平面に対して入力 $\theta - q$ 平面を、 q 軸方向に拡大・縮小率 s に応じた量だけシフト(平行移動)させるようにする。

【0128】このように q 軸方向に平行移動している関係にすることによって拡大・縮小率 s を求める演算処理が簡易なものとなり、処理時間が短縮されることとなる。

【0129】図12は、こうした対数座標変換処理の手順を示すフローチャートであり、同図に示すように、対数座標変換処理部16dは、まず θ をゼロに初期設定するとともに(ステップ1201)、 q をゼロに初期設定する(ステップ1202)。

【0130】ついで、 q に対応する p を下記(25)式、

$$p = c \cdot \exp(q) \quad (25)$$

(ただし、 c は定数)から求める。つまり、対数座標軸 q 上の座標位置に対応する p 軸上の座標位置を求める(ステップ1203)。

【0131】こうして p と q の対応関係が判明したならば、下記(26)式に示すように、フーリエ変換画像 $H \times$

$$H_1(\theta, q) = s \cdot H_0(\theta - \varphi, q + \lambda) \quad (10)$$

ただし、

$\ast(\theta, p)$ についても上記(7)式のごとく同様に作成することができる。

【0122】上記(4)、(7)、(8)式より $H_0(\theta, p)$ と $H_1(\theta, p)$ との関係は下記(9)式のように表され、(4)式との比較から平行移動の影響が除去されているのがわかる。

【0123】

$\ast 1(\theta, p)$ を、対応するフーリエ対数座標変換画像 $H_1(\theta, q)$ に変換する(ステップ1204)。

【0132】 $H_1(\theta, q) = H_1(\theta, p)$ (26)

つぎに、対数座標変換のサンプリング誤差の影響を軽減するために、 q 軸方向にハニング窓を掛ける処理を行う。

【0133】つまり、下記(27)式に示すように、ステップ1204で取得された $H_1(\theta, q)$ にハニング窓関数 $W(q)$ を乗算したものを、新たな $H_1(\theta, q)$ とする。

【0134】

$$W(q) = 0.5(1 + \cos(\pi q / q_{\max}))$$

$$H_1(\theta, q) = W(q) \cdot H_1(\theta, q) \quad (27)$$

ただし、 q_{\max} は q の最大値である(ステップ1205)。

【0135】ついで、 q をインクリメントし(ステップ1206)、 q が最大値 q_{\max} 未満であれば(ステップ1207の判断YES)、更新した q に対して同様な処理(ステップ1203～ステップ1206)を繰り返すが、やがて q が最大値 q_{\max} に達すると(ステップ1207の判断NO)、つぎのステップ1208に移行される。

【0136】今度は、 θ がインクリメントされ、 θ が最大値 θ_{\max} 未満であれば(ステップ1208の判断YES)、更新した θ に対して q を再度ゼロにした上で同様な処理(ステップ1202～ステップ1207)を繰り返すが、やがて θ が最大値 θ_{\max} に達すると(ステップ1208の判断NO)、この対数座標変換処理を終了させる。

【0137】なお、ここでは候補領域 $F(x, y)$ に対応する $H_1(\theta, q)$ を作成する場合について説明したが、テンプレート画像 $R(x, y)$ に対応する $H_0(\theta, q)$ についても同様に作成することができる。

【0138】こうした取得された $H_1(\theta, q)$ と $H_0(\theta, q)$ の関係は、下記(10)式のように表される。

【0139】

$$q = \log p \quad (11)$$

$$\lambda = \log s \quad (12)$$

である。

【0140】このように候補領域 $F(x, y)$ に対応する $H1(\theta, q)$ は、テンプレート画像 $R(x, y)$ に対応する $H0(\theta, q)$ を、 q 軸方向に $-\lambda$ 、 θ 軸方向に ψ だけシフトしたものとして表すことができる。

【0141】よって、この q 軸方向のシフト量 $-\lambda$ を算出することができれば、拡大・縮小率 s を上記(12)式の関係より求めることができ、 θ 軸方向のシフト量 ψ を算出することができれば、回転角 ψ を求めることができる。

【0142】そこで、こうした q 軸方向のシフト量 $-\lambda$ 、 θ 軸方向のシフト量 ψ を求めるべく、移動量算出部16eは、まず、参照データ記憶部16fに予め記憶しておいた対数座標変換後の参照データ $H0(\theta, q)$ を当該参照データ記憶部16fから読み出し(ステップ705)、この読み出されたフーリエ対数座標変換画像 $H0(\theta, q)$ とステップ704で作成されたフーリエ対数座標変換画像 $H1(\theta, q)$ とを用いて、これらの2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ を計算する(ステップ70*

*6)。その後、この2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ が最大となる θ 、 q の位置より回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求める(ステップ707)。

【0143】図13は、こうした2次元相関係数 $Cr(\theta, q)$ の演算処理および回転角 ψ 、拡大・縮小率 s の算出処理の手順を示すフローチャートであり、同図に示すように、まず $H1(\theta, q)$ を2次元フーリエ変換して $F1(u, v)$ を求める(ステップ1301)。ついで、この $F1(u, v)$ の各成分のパワーを1.0に正規化して $F1\phi(u, v)$ を求める(ステップ1302)。テンプレート画像 $R(x, y)$ に対応する $H0(\theta, q)$ についても同様の処理が実行され、この結果作成された $F0\phi(u, v)$ が記憶部に予め記憶されている。そこで、この $F0\phi(u, v)$ が読み出される(ステップ1303)。

【0144】かかる一連の処理について更に詳しく説明すると、まず、 $H0(\theta, q)$ 、 $H1(\theta, q)$ それぞれが2次元フーリエ変換されて下記(13)、(14)式に示すように $F0(u, v)$ 、 $F1(u, v)$ が求められ

【0145】

$$F0(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} H0(\theta, q) \cdot e^{-j(u\theta + vq)} d\theta dq \quad (13)$$

$$F1(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_0^{2\pi} H1(\theta, q) \cdot e^{-j(u\theta + vq)} d\theta dq \quad (14)$$

ここで、上記(10)式とこれら(13)、(14)式30※(15)を得る。

とを用いて、 $F0(u, v)$ と $F1(u, v)$ との関係式 ※ 【0146】

$$F1(u, v) = s \cdot e^{-j(\varphi u - \lambda v)} \cdot F0(u, v) \quad (15)$$

そこで、 $F0(u, v)$ をパワーと位相に分けると、下記 ★記(15)式より下記(17)式のように表される。

(16)式のように表され、 $F1(u, v)$ については上★ 【0147】

$$F0(u, v) = |F0(u, v)| e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (16)$$

$$F1(u, v) = |sF0(u, v)| e^{-j(\varphi u - \lambda v)} e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (17)$$

この結果、 $F0(u, v)$ 、 $F1(u, v)$ の位相成分はそ ☆【0148】

れぞれ下記(18)、(19)式のように表される。 ☆

$$F0^\phi(u, v) = e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (18)$$

$$F1^\phi(u, v) = e^{-j(\varphi u - \lambda v)} \cdot e^{-j\phi_0(u, v)} \quad (19)$$

そこで、こうした取得された $F0\phi(u, v)$ 、 $F1\phi(u, v)$ を用いて $F1\phi(u, v)$ と、 $F0\phi(u, v)$

*の積を下記(20)、(21)、(22)式に示すように逆フーリエ変換して $H_0(\theta, q)$ と $H_1(\theta, q)$ *

$$C_r(\theta, q) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F_1^{\phi}(u, v) F_0^{\phi}(u, v)^* \cdot e^{j(u\theta + vq)} du dv \quad (20)$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j(\varphi u - \lambda v)} \cdot e^{j(u\theta + vq)} du dv \quad (21)$$

$$= \delta(\theta - \varphi, q - (-\lambda)) \quad (22)$$

ただし、 $F_0^{\phi}(u, v)$ *は、 $F_0^{\phi}(u, v)$ の複素共役である(ステップ804)。

【0150】このようにして求められた相関値 $C_r(\theta, q)$ はデルタ関数になっているのがわかる(上記(22)式参照)。そして、このデルタ関数 $C_r(\theta, q)$ は、 $\theta = \varphi$ 、 $q = -\lambda$ の座標位置で最大値をとる。そこで、 $C_r(\theta, q)$ 平面から最大値をとる座標位置 $\theta = \varphi$ 、 $q = -\lambda$ を検出し(ステップ1305)、この検出位置(φ 、 $-\lambda$)に基づき、回転角 ψ を求めるとともに、拡大・縮小率 s を、上記(12)式に基づく変換式、

$$s = k \cdot \exp(-\lambda) \quad (28)$$

(k は定数)により求めるようにする(ステップ1306)。

【0151】以上、この図13では、 $H_0(\theta, q)$ に対する $H_1(\theta, q)$ の、 θ 軸方向のシフト量、 q 軸方向のシフト量を求めるために、2次元フーリエ変換の位相を利用したフーリエ位相変換法を用いるようにしたが、通常のマッチトフィルタや2次元相関によって求める実施

も可能である。

【0152】次に、図7のステップ708に示す ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ の作成手順について具体的に説明する。

【0153】図14は、図7のステップ708の ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【0154】同図に示すように、移動量算出部16eは、図13に示す処理により回転角 ψ 、拡大・縮小率 s を求めたならば、入力 $\theta - \rho$ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ ※40

*の相関値(2次元相関係数) $C_r(\theta, q)$ を求める。【0149】

※及び参照 $\theta - \rho$ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ を入力して、求めた回転角 ψ および拡大・縮小率 s を用いて参照 $\theta - \rho$ 平面に対する入力 $\theta - \rho$ 平面の θ 軸方向のシフト量および ρ 軸方向の拡大・縮小率を補正する(ステップ1401)。

【0155】ついで、角度変数 θ をゼロに初期設定し(ステップ1402)、ずらし量 $\Delta \rho$ に $-\rho_{\max} \times 2$ を代入する(ステップ1403)。

【0156】そして、回転角 ψ 、拡大・縮小率 s によって補正した $h_0(\theta, \rho)$ と $h_1(\theta, \rho)$ の正規化相互相関係数を計算して ρ 相互相関画像 $C(\theta, \Delta \rho)$ に記憶し(ステップ1404)、 $\Delta \rho$ をインクリメントする(ステップ1405)。

【0157】その後、この $\Delta \rho$ が $\rho_{\max} \times 2$ 未満であるか否かを確認し(ステップ1406)、 $\rho_{\max} \times 2$ 未満である場合には、ステップ1404に移行して上記ステップ1404及び1405の処理を繰り返す。

【0158】これに対して、 $\Delta \rho$ が $\rho_{\max} \times 2$ 以上となった場合には、角度変数 θ をインクリメントした後(ステップ1407)、該角度変数 θ が θ_{\max} 未満である場合にはステップ1403に移行する(ステップ1408)。

【0159】すなわち、この移動量算出部16eでは、 $h_0(\theta, \rho)$ と $h_1(\theta, \rho)$ の各 θ について、 ρ 軸方向にずらしながら1次元の正規化相互相関係数を計算し、 ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ を作成している。

【0160】ずらし量が $\Delta \rho$ である場合の1次元の正規化相互相関係数は、次式により算出される。

【0161】

$$C_{\rho}(\theta, \Delta \rho) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} (h_1(\theta, \rho + \Delta \rho) - h_1)(h_0(\theta, \rho) - h_0) d\rho}{\int_{-\infty}^{\infty} (h_1(\theta, \rho) - h_1)^2 d\rho \int_{-\infty}^{\infty} (h_0(\theta, \rho) - h_0)^2 d\rho} \quad (23)$$

次に、図7のステップ709に示す逆ハフ変換画像 $Inv(x, y)$ の作成手順について説明する。

【0162】図15は、図7のステップ709の逆ハフ変換画像 $Inv(x, y)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【0163】同図に示すように、移動量算出部16eは、 ρ 相互相関画像 $C_{\rho}(\theta, \rho)$ を作成したならば(ステップ1501)、角度変数 θ をゼロに初期設定した後(ステップ1502)、 ρ に $-\rho_{\max}$ を設定する(ステップ1503)。

【0164】そして、この $C\rho(\theta, \rho)$ が該 $C\rho(\theta, \rho)$ の最大値である C_{\max} よりも大きいかなかを判断し(ステップ1504)、 C_{\max} よりも大きな場合には、この $C\rho(\theta, \rho)$ を C_{\max} に代入して C_{\max} を更新するとともに、この時の ρ を ρ_k に代入する(ステップ1505)。したがって、この ρ_k には、 C_{\max} が最大である場合における ρ の値が格納される。

【0165】次に、この ρ をインクリメントし(ステップ1506)、 ρ が ρ_{\max} 未満であるかなを確認し(ステップ1507)、 ρ_{\max} 未満である場合には、ステップ1504~1506の処理を繰り返す。

【0166】これに対して、 ρ が ρ_{\max} 以上となった場合には、 $C\rho(\theta, \rho_k)$ を逆ハフ変換する。つまり、逆ハフ変換処理部16gでは、 $C\rho(\theta, \rho)$ 上の点 (θ, ρ_k) を、

$$\begin{aligned} \rho_k &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ y &= -\frac{1}{\tan \theta} x + \frac{\rho_k}{\sin \theta} \end{aligned} \quad (24)$$

の式で示す直線に変換する処理が実行される。

【0167】そして、この逆ハフ変換後の $\ln v(x, y)$ 平面上の直線

$y = -(1/\tan \theta)x + \rho_k/\sin \theta$ 上に $C\rho(\theta, \rho_k)$ の値を加算する(ステップ1508)。

【0168】そして、角度変数 θ をインクリメントした後に(ステップ1509)、該 θ が θ_{\max} 未満であるかなを確認し(ステップ1510)、 θ_{\max} 未満である場合にはステップ1503に移行する。

【0169】すなわち、この移動量算出部16eでは、 $C\rho(\theta, \rho)$ から各 θ で最大値をとる位置 (θ, ρ_k) を検出し、その位置で逆ハフ変換を行って逆ハフ変換画像 $\ln v(x, y)$ を作成している。

【0170】そして、この逆ハフ変換画像 $\ln v(x, y)$ の最大値の位置 (X_{\max}, Y_{\max}) が平行移動量 $(x\Delta, y\Delta)$ となる。また、 $\ln v(x, y)$ の最大値をこの候補領域の照合度とする。

【0171】次に、図1に示す画像照合部16を適用した場合の処理結果について説明する。

【0172】図16は、図1に示す画像照合部16を文字の照合に適用した場合にディスプレイ上に表示される中間調画像を示す写真である。

【0173】ここで、図16(a)は、文字(「万」)のテンプレート画像 $R(x, y)$ であり、このテンプレート画像 $R(x, y)$ からエッジ方向を抽出した参照エッジ方向画像 $Re(x, y)$ は、図16(b)に示すようになる。

【0174】そして、この $Re(x, y)$ に対してハフ変換を施すと、図16(e)に示すような帯状の模様を持つ参照 θ - ρ 平面データ $h_0(\theta, \rho)$ となり、さらにこの $h_0(\theta, \rho)$ をフーリエ変換すると、図16

(g)に示すような参照 θ - p 平面データ $H_0(\theta, p)$ が得られる。さらにこの $H_0(\theta, p)$ の p 軸を q 軸に対数座標変換すると、図16(i)に示すような参照 θ - q 平面データ $H_0(\theta, q)$ が得られる。

【0175】一方、図16(c)は、文字(「万」)の候補領域 $F(x, y)$ である。

【0176】この候補領域 $F(x, y)$ からエッジ方向を抽出した入力エッジ方向画像 $Fe(x, y)$ は、図16(d)に示すようになる。

【0177】そして、この $Fe(x, y)$ に対してハフ変換を施すと、図16(f)に示すような入力 θ - ρ 平面データ $h_1(\theta, \rho)$ となり、さらにこの $h_1(\theta, \rho)$ をフーリエ変換すると、図16(h)に示すような入力 θ - p 平面データ $H_1(\theta, p)$ が得られる。さらにこの $H_1(\theta, p)$ の p 軸を q 軸に対数座標変換すると、図16(j)に示すような入力 θ - q 平面データ $H_1(\theta, q)$ が得られる。

【0178】ここで、この $h_1(\theta, \rho)$ が $h_0(\theta, \rho)$ に比して帯のうねりが見られる理由は、文字の姿勢角と位置が異なるためである。

【0179】また、候補領域 $F(x, y)$ がテンプレート画像 $R(x, y)$ に対して拡大しているために、入力フーリエ変換画像 $H_1(\theta, p)$ は参照フーリエ変換画像 $H_0(\theta, p)$ に対して p 軸方向に縮んでいるのがわかる。

【0180】また、こうした p 軸方向に画像が縮んでいる関係は、対数座標変換された $H_1(\theta, q)$ 、 $H_0(\theta, q)$ をみると、 q 軸方向に画像が平行移動している関係に変換されているのがわかる。つまり、画像 $H_0(\theta, q)$ を下方にシフトさせたものが画像 $H_1(\theta, q)$ であることがわかる。

【0181】さて、図16(k)は、相関値 $Cr(\theta, q)$ 平面であり、この相関値 $Cr(\theta, q)$ 平面は、他の点とは明らかに区別できる最大輝度の座標位置を有していることがわかる(最大輝度をとる座標位置が、 $\theta = \psi$ 、 $q = -\lambda$ である)。

【0182】また、図16(l)は、 $h_1(\theta, \rho)$ と $h_0(\theta, \rho)$ の各 θ について、 ρ 軸方向にずらしながら計算した ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ を示す図であり、図16(m)は、 $C\rho(\theta, \rho)$ から各 θ で最大値を持つ位置 (θ, ρ_k) を検出し、その位置で逆ハフ変換を行った逆ハフ変換画像 $\ln v(x, y)$ である。また、 $\ln v(x, y)$ の最大値を照合度とする。

【0183】以上、図1に示す画像照合部16が行う処理について説明した。これらの処理を複数の候補領域について行ない、その中で最も高い照合度をもつ時の拡大率、回転角、平行移動量を求める。もし、候補領域が1つしか得られなかった場合には1回の処理で拡大率、回転角、平行移動量が求まる。

【0184】上述してきたように、本実施の形態では、

テンプレート画像から求めたエッジ画像の各エッジ点から所定の基準点へのベクトルを求めてRテーブルを作成し、その後入力画像のエッジ画像のエッジ点において、そのエッジ点を同じエッジ方向を持つRテーブル内のベクトルをパラメータ空間P上に順次投票し、投票値が所定のレベル以上の位置で、テンプレートのサイズと拡大率とを考慮して候補領域を検出する。

【0185】ここで、本実施の形態では、パラメータ空間を低分解能にして複数の候補領域を抽出するとともに、その後に行うハフ変換によって最も照合度の大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を求めるよう構成したので、参照画像と、該参照画像に対応する候補領域の一部を含む入力画像とを照合する場合に、候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を、メモリ容量を低減しつつ、迅速かつ精度良く求めることができる。なお、本実施の形態では、図5に示すような一万円札の一部の文字を照合する場合だけでなく、図17(a)に示す約束手形全体を入力画像とし、図17(b)に示す捺印画像をテンプレート画像とする場合にも適用することができる。なお、かかる場合には、図17(c)に示すようなパラメータ空間上での投票が行われる。この時の(x, y)のパラメータ空間の分解能は0.25である。

【0186】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、請求項1、2及び4に係わる発明は、参照画像のエッジ点から所定の基準点へのベクトルをエッジ方向ごとに収納したRテーブルを作成し、入力画像のエッジ点を参照画像のエッジ点とした場合の基準点の位置をRテーブルに基づいて低分解能化したパラメータ空間上に投票して一又は複数の候補領域を求め、求めた候補領域が複数存在する場合には、各候補領域と参照画像とをそれぞれ高精度に照合して、照合度の最も大きな候補領域の拡大率、回転角及び平行移動量を出力するよう構成したので、下記に示す効果が得られる。

【0187】1) 参照画像に対応する部分の拡大率、回転角及び平行移動量を、メモリ容量を低減しつつ、迅速に求めることができる。

【0188】2) 入力画像を参照画像と事前に対応させる必要がなくなるので、照合効率を高めることができる。

【0189】3) パラメータ空間を低分解能化するものの、画情報自体の欠落を招くわけではないので、拡大率、回転角及び平行移動量を精度良く求めることができる。

【0190】また、請求項3に係わる発明は、候補領域を求めた後に、候補領域及び参照画像をハフ変換して $\theta-\rho$ 平面を生成した後、さらにこの $\theta-\rho$ 平面をフーリエ変換して $\theta-q$ 平面を生成し、生成した $\theta-q$ 平面レベルで回転角及び拡大率を算出するとともに、算出した

回転角及び拡大率で補正した $\theta-\rho$ 平面レベルで平行移動量を算出するよう構成したので、拡大率、回転角及び平行移動量をさらに迅速に求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態で用いる画像照合装置の構成を示す図である。

【図2】図1に示す一般化ハフ変換処理部が行う一般化ハフ変換の概念及びRテーブルの一例を示す図である。

【図3】図1に示す画像照合装置の処理手順を示すフローチャートである。

【図4】図3に示す候補領域の算定処理手順を示すフローチャートである。

【図5】パラメータ空間の低分解能化の概念を示す図である。

【図6】入力画像、テンプレート画像及びパラメータ空間への投票結果の一例を示すディスプレイ上に表示される中間調画像を示す写真である。

【図7】図1に示す画像照合部で行われる処理手順を示すフローチャートである。

【図8】図1に示すエッジ検出部が行うエッジ方向画像の作成手順を示すフローチャートである。

【図9】ソーベルの微分オペレータを示す図である。

【図10】図1に示すハフ変換処理部が行う $\theta-\rho$ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【図11】図1に示すフーリエ変換処理部が行う $\theta-p$ 平面データの作成手順を示すフローチャートである。

【図12】図1に示す対数座標変換処理部が行う対数座標変換処理の手順を示すフローチャートである。

【図13】図1に示す移動量算出部が行う回転角および拡大・縮小率の算出手順を示すフローチャートである。

【図14】図1に示す移動量算出部が行う ρ 相互相関画像 $C\rho(\theta, \rho)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【図15】図1に示す逆ハフ変換処理部が行う逆ハフ変換画像 $I_{nv}(x, y)$ の作成手順を示すフローチャートである。

【図16】図1に示す画像照合部を文字の照合に適用した場合にディスプレイ上に表示される中間調画像を示す各写真である。

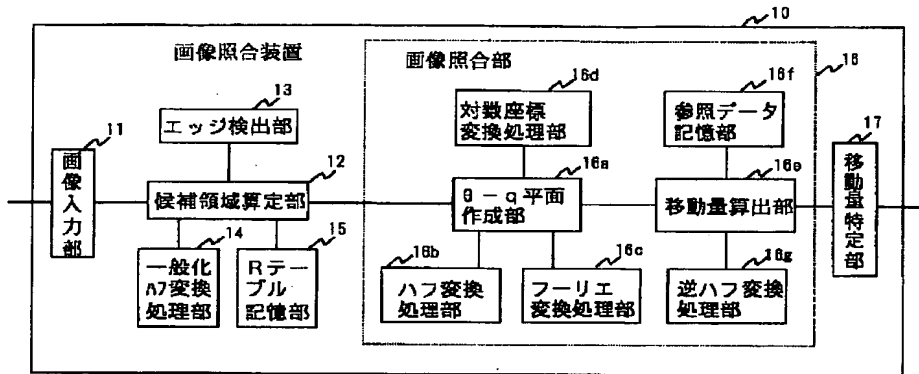
【図17】入力画像、テンプレート画像及びパラメータ空間への投票結果の別の例を示すディスプレイ上に表示される中間調画像を示す写真である。

【符号の説明】

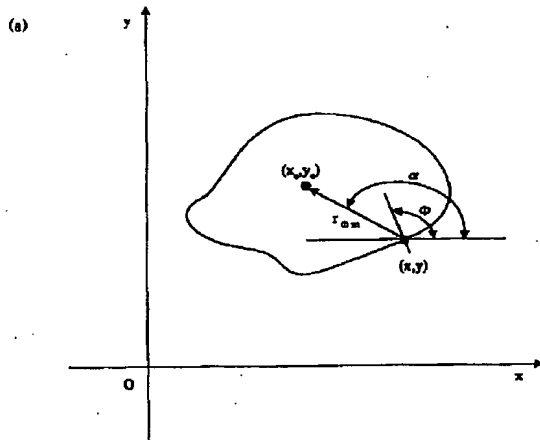
10…画像照合装置、 11…画像入力部、 12…候補領域算定部、 13…エッジ検出部、 14…一般化ハフ変換処理部、 15…Rテーブル記憶部、 16…画像照合部、 16a… $\theta-f$ 平面作成部、 16b…ハフ変換処理部、 16c…フーリエ変換処理部、 16d…対数座標変換処理部、 16e…移動量算出部、 16f…参照データ記憶部、 16g…逆ハフ変換処理部、 17

…移動量特定部、90、91…ソーベルオペレータ

【図1】



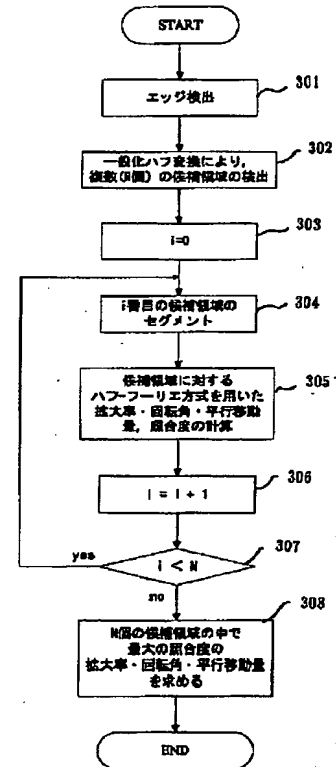
【図2】



(b)

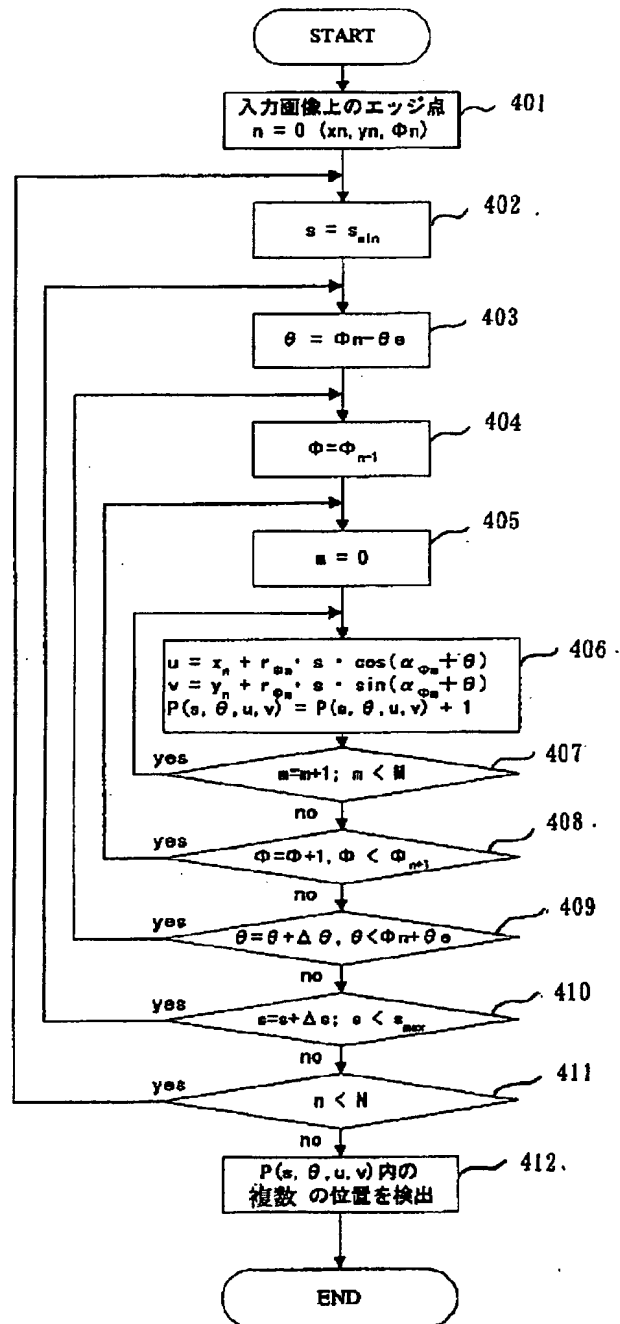
Φ	(r, α)
Φ_1	$(r_{11}, \alpha_{11}), (r_{12}, \alpha_{12}), \dots$
Φ_2	$(r_{21}, \alpha_{21}), (r_{22}, \alpha_{22}), \dots$
Φ_3	$(r_{31}, \alpha_{31}), (r_{32}, \alpha_{32}), \dots$
\vdots	\vdots
\vdots	$(r_{\Phi 1}, \alpha_{\Phi 1}), \dots, (r_{\Phi \Phi}, \alpha_{\Phi \Phi}), \dots$
\vdots	\vdots
Φ_N	$(r_{N1}, \alpha_{N1}), (r_{N2}, \alpha_{N2}), \dots$

【図3】



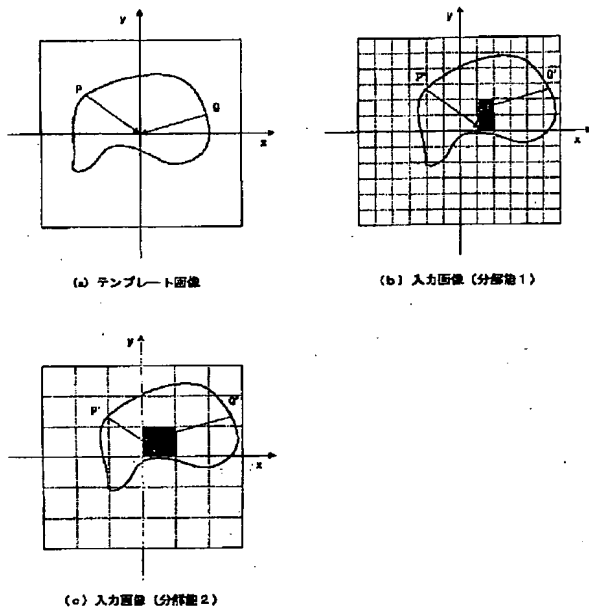
全体フロー

【図4】



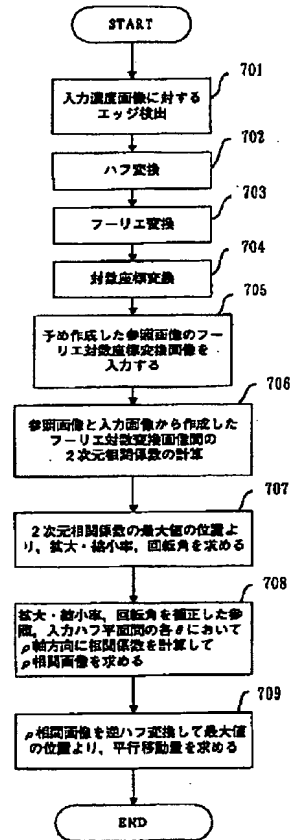
一般化ハフ変換

【図5】



XYパラメータ空間の低分解能化

【図7】

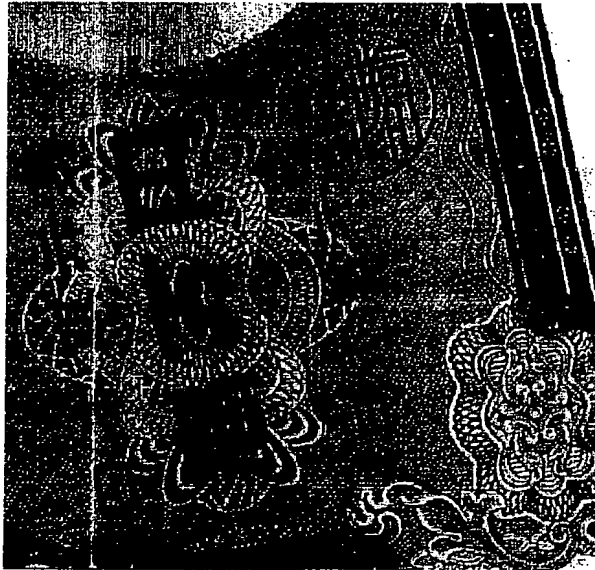


【図9】

80			91		
-1	0	1	1	2	1
-2	0	2	0	0	0
-1	0	1	-1	-2	-1
(a) x方向			(b) y方向		

Sobelオペレーター

【図6】



(a) 入力画像



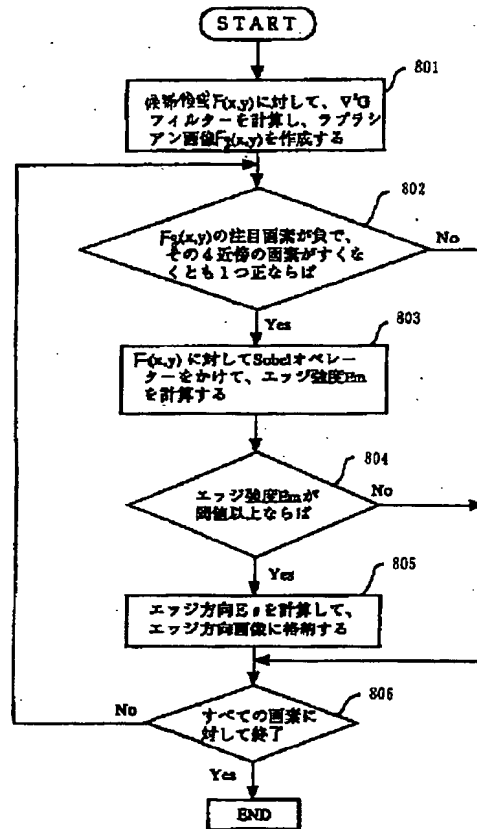
(b) テンプレート画像



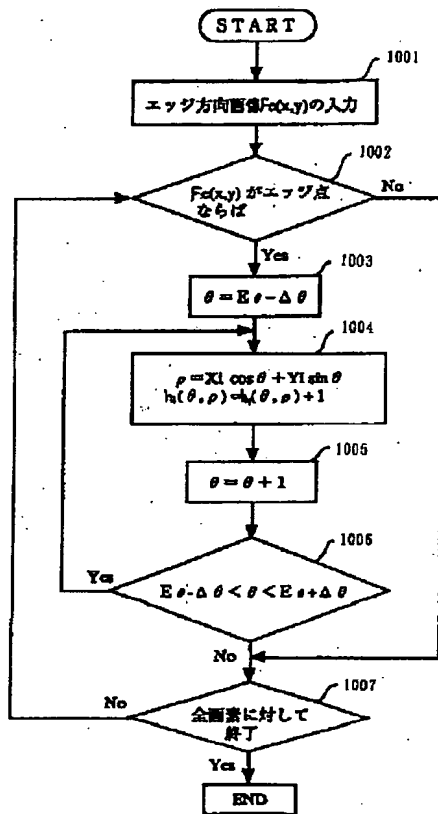
(c) X-Yパラメータ空間

一般化ハフ変換による候補領域の検出

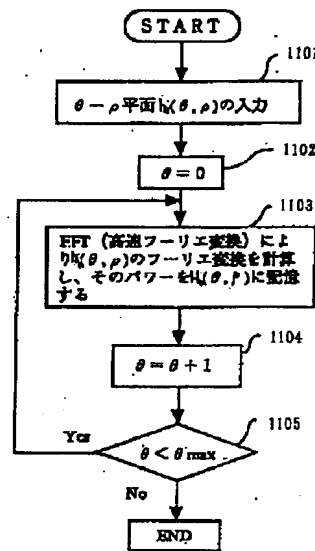
【図8】



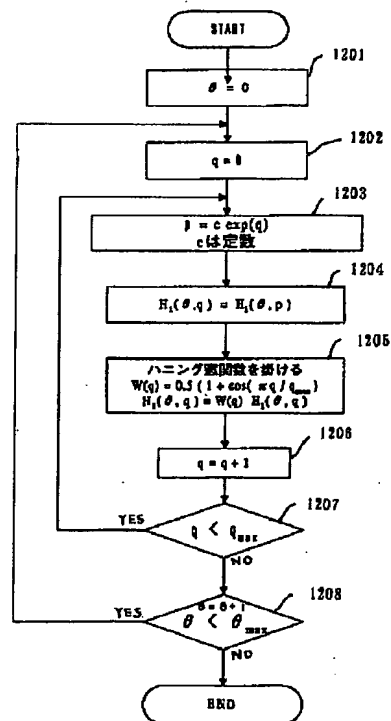
【図10】



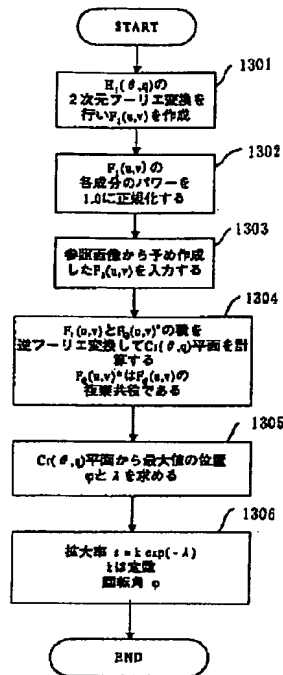
【図11】



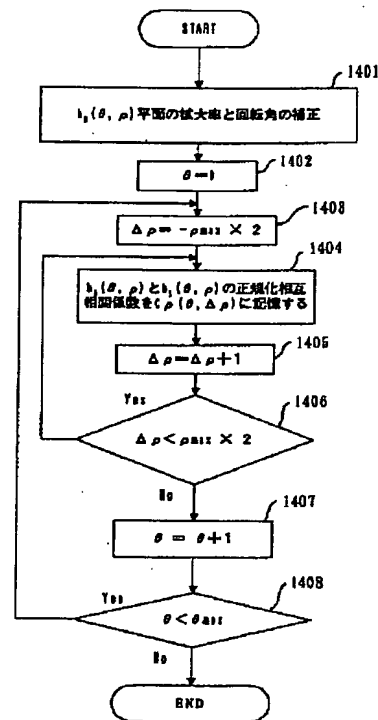
【図12】



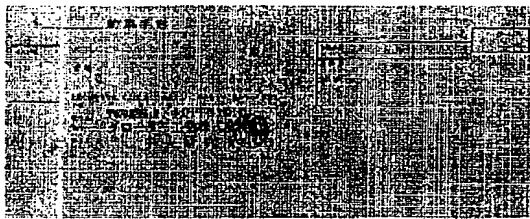
【図13】



【図14】



【図17】



(a) 入力画像



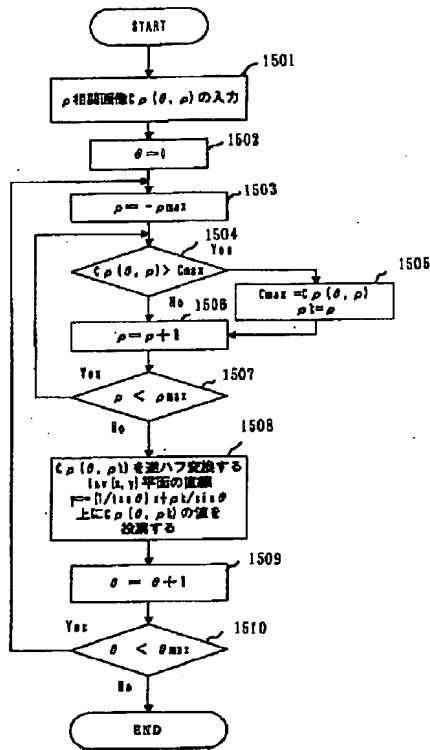
(b) テンプレート画像



(c) X-Yパラメータ空間

一般化ハフ変換による候補領域の検出

【図15】



【図16】

